

Boletín 42

PUESTA A TIERRA DE BANDEJAS PORTACABLES

Boletín técnico N°42
PARTE 1
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

Puesta a tierra de bandejas portacables.

PARTE 1

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADERO Y VENTAS
División materiales eléctricos

General.

El tema de la puesta a tierra siempre ha sido controversial pero tratándose de bandejas portacables es aun más interesante, no obstante, me permito expresar que la conexión a tierra en canalizaciones por bandejas portacables, tiene el propósito de drenar los altos voltajes que aparecen accidentalmente en el sistema de canalización.

Si el sistema está correctamente conectado a tierra por medio de un conductor de baja resistencia y capacidad suficiente, la corriente se llevará a tierra inmediatamente con un mínimo peligro de incendio o descarga.

En un sistema conectado a tierra, la conexión accidental de un conductor que lleva corriente a tierra provocará un cortocircuito y causará que se abra un fusible o el interruptor.

Conexión a tierra de la bandeja de cables

Además de enrutar y proteger los cables, un sistema de bandejas portacables debe proporcionar protección a la vida útil y a la propiedad contra fallas causadas por perturbaciones eléctricas, rayos, fallas que forman parte del sistema y fallas de los equipos que están conectados al sistema. Estas protecciones se pueden obtener mediante una conexión a tierra adecuada. El artículo 250 del Código Eléctrico Nacional (CEN) establece los requisitos mínimos para la conexión a tierra.

Para comprender debidamente estos requisitos del CEN, siempre debemos estar familiarizado con los términos relacionados con el tema. Comprender cómo se usan los términos definidos dentro del CEN nos proporcionará una mejor comprensión de cómo se aplican las reglas a las instalaciones eléctricas. A continuación veremos algunas definiciones básicas:

Puesta a tierra (PAT)

La puesta a tierra es un mecanismo de seguridad que forma parte de las instalaciones eléctricas y consiste en conducir eventuales desvíos de corriente hacia la tierra, impidiendo que el usuario entre en contacto con la electricidad.

Si aplicamos este concepto a las canalizaciones por bandejas

portacables, simplemente es realizar la conexión adecuada de las secciones de bandejas portacables a tierra, lo cual veremos más adelante.

Conductor de Puesta a Tierra.

Está definido como el conductor que se emplea para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de cableado a uno o varios electrodos de puesta a tierra.

Conductor de puesta a tierra de equipos. (CPTe)

Está definido como el conductor que se usa para conectar las partes metálicas de equipos que no transportan corriente, las canalizaciones entre ellas las bandejas portacables y otras cubiertas al conductor puesto a tierra del sistema, al conductor del electrodo de puesta a tierra, o ambos; en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

Conexión Equipotencial.

Está definida como la unión permanente de partes metálicas para formar un trayecto eléctricamente conductivo que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente impuesta.

El CEN establece que el sistema de puesta a tierra de equipos en una instalación debe ser conectado a un conductor puesto a tierra con el fin de proveer un camino de baja impedancia para corrientes de falla a tierra, facilitando la operación de dispositivos de protección contra sobrecargas, en casos de falla a tierra.

Métodos de puesta a tierra

Una conexión efectiva a tierra debe ser permanente, continua, y tener gran capacidad para conducir de manera segura la corriente de falla. Debe tener una impedancia suficientemente baja para limitar el potencial sobre el suelo y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

Los sistemas de tuberías metálicas para el suministro de agua enterrados y continuos están reconocidos como la mejor tierra eléctrica. Otros métodos adecuados de conexión a tierra son los sistemas de tuberías metálicas de vapor y gas, las estructuras metálicas de los edificios conectadas a tierra, o un electrodo artificial como una barra de acero cobrizada (copperweld) o una placa metálica enterrada.

El sistema de bandejas portacables y las conexiones a tierra de los equipos deben realizarse en el mismo electrodo en la entrada de servicio, en el lado de suministro del equipo utilizado para desconectar el servicio. El equipo debe estar

firmemente conectado con el suelo del sistema. Las normativas completas para la conexión a tierra están contenidas en el Artículo 250 del Código Eléctrico Nacional.

Conductor del electrodo de puesta a tierra.

Está definido como el conductor que se usa para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra del circuito o a ambos, en el equipo de acometida o en la fuente de un sistema derivado separadamente.

Calibre del electrodo de puesta a tierra para Corriente Alterna.

El calibre del conductor del electrodo de tierra de un sistema de AC conectado a tierra o no conectado no será menor a lo indicado en la Tabla 250.66, exceptuando lo permitido en el artículo 250.66(A) hasta (C) del CEN que se indican a continuación:

(A) Conexión a Electrodo de Barra, Tubo o Placa.

Cuando el conductor del electrodo se conecta a un electrodo de barra, tubo o placa, tal como es permitido por el artículo 250.52(A)(5) ó 250.52(A)(6), la porción del conductor que está en contacto sólo con el electrodo no requiere ser mayor de 6 AWG en cobre o 4 AWG para aluminio.

(B) Conexión a Electrodo Empotrada en Concreto.

Cuando el conductor del electrodo se conecta a un electrodo recubierto de concreto, tal como permitido por 250.52(A)(3), la porción del conductor que está en contacto sólo con el electrodo no requiere ser mayor de 4 AWG en cobre.

(C) Conexiones a Anillos de Tierra.

Cuando los conductores del electrodo se conectan a un anillo de tierra como permitido en 250.52(4) la porción del conductor que está en contacto sólo con el electrodo no requiere ser mayor que el conductor usado para el anillo

La sección transversal del conductor del electrodo de puesta a tierra se determina según la Tabla 250.66 del CEN.

Puente de conexión equipotencial. (Bonding Jumper).

está definido como el conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar conectadas eléctricamente.

Los puentes de conexión equipotencial están constituidos por conductores o uniones que ofrecen una conducción eléctrica con mínima resistencia eléctrica para asegurar la continuidad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

El puente de conexión equipotencial considerado más importante se denomina puente de conexión equipotencial principal y consiste en un puente para conexión en el lado de suministro, del conductor puesto a tierra de la acometida y el conductor de puesta a tierra.

TABLA 250.66 del CEN Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna			
Calibre del mayor conductor activo de la acometida o área equivalente de conductores en paralelo AWG o Kcmil		Calibre del conductor del electrodo de tierra AWG o Kcmil	
Cobre	Aluminio o Aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o Aluminio recubierto de cobre
2 ó menor	1/0 ó menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Sobre 3/0 hasta 350	Sobre 250 hasta 500	2	1/0
Sobre 350 hasta 600	Sobre 500 hasta 900	1/0	3/0
Sobre 600 hasta 1100	Sobre 900 hasta 1750	2/0	4/0
Sobre 1100	Sobre 1750	3/0	250

Conductor para puesta a tierra de equipos y canalizaciones.

Previamente ya hemos definido este conductor, adicionalmente, es el que acompaña a los conductores del circuito para realizar la puesta a tierra de las tuberías, ductos, tableros, motores y equipos con el fin de proteger a las personas en caso de contacto accidental con partes metálicas expuestas que estén energizadas. Al energizarse estas partes se produce un cortocircuito a tierra que dispara el disyuntor del circuito.

La puesta a tierra de materiales metálicos que encierran conductores como lo son las bandejas portacables, se realiza con el objeto de limitar el voltaje a tierra de sus partes conductoras y facilitar la operación de los dispositivos de protección en casos de presentarse fallas a tierra.

Calibre del conductor de puesta a tierra de equipos para una canalización por bandejas portacables.

Una adecuada tierra es esencial para el correcto funcionamiento de los circuitos eléctricos. El flujo de corriente a través de un circuito busca el camino de menor resistencia y éste trayecto es el que se conecta desde la fuente hasta la tierra.

La sección transversal mínima que tendrán los conductores de puesta a tierra de equipos se establecerá en función de la corriente nominal o del ajuste máximo del dispositivo de protección automático contra sobrecorriente instalado en el circuito inmediatamente antes de los equipos. Los valores correspondientes aparecen en la Tabla 250-122 del CEN.

Cuando se instalen conductores de mayor sección transversal para compensación de caídas de voltaje, los conductores de puesta a tierra también se deben ajustar proporcionalmente.

Para seleccionar el tamaño adecuado del conductor de puesta a tierra siga el sencillo procedimiento a continuación:

Procedimiento para seleccionar el calibre de un conductor de puesta a tierra de equipos.

1. Se encuentra el valor de la corriente nominal de la protección asociada al sistema eléctrico que se conecta a la tierra. Los dispositivos de sobrecorriente automáticos protegen contra cortocircuitos o de las condiciones de sobrecarga, por lo tanto, el conductor de puesta a tierra debe cumplir con estas condiciones. Para conocer este valor consultar las especificaciones eléctricas así como los diagramas de circuitos eléctricos o buscar referencia en los tableros de protecciones.
2. Ubicado según el paso 1 el valor del dispositivo de protección, consultar en la tabla 250.122 del CEN el calibre del conductor de puesta a tierra de equipos y/o canalizaciones que mejor se ajuste en relación a la capacidad de la protección del circuito.
3. Ubique el nivel de corriente en la primera columna de la tabla 250.122 del CEN que se encuentra más próximo al nivel de corriente que estableciste en el paso 1 y selecciona el calibre del conductor de puesta a tierra correspondiente según el material con que está elaborado, en la columna dos para un conductor de puesta a tierra de cobre o el de la columna tres para conductores de aluminio.

Ejemplo de aplicación.

Para ilustrar el procedimiento antes descrito, en la figura 1

podemos observar un ejemplo para esta aplicación: imaginemos que en el paso 1 se obtuvo que la protección del que se observo en el tablero era un interruptor automático que indicaba una capacidad de 800 amperios, por lo tanto:

TABLA 250.122 del CEN Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos y canalizaciones		
Régimen o ajuste máximo de dispositivos de sobrecorriente automáticos ubicado del lado de la alimentación (Amperios)	Calibre AWG o Kcmil	
	Cobre	Aluminio o Aluminio recubierto de cobre
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Si requerimos que el conductor sea de cobre, esto significa que el tamaño del conductor de puesta a tierra debe ser de calibre # 1/0 AWG de acuerdo a la columna 2 de la tabla 250.122 del CEN

En caso de que el conductor fuese de aluminio o de aluminio recubierto de cobre, el calibre del conductor de puesta a tierra sería # 3/0 AWG de acuerdo a la columna 3 de la tabla 250.122 del CEN. En la figura 1 se puede observar la

ilustración de la aplicación de este ejemplo.

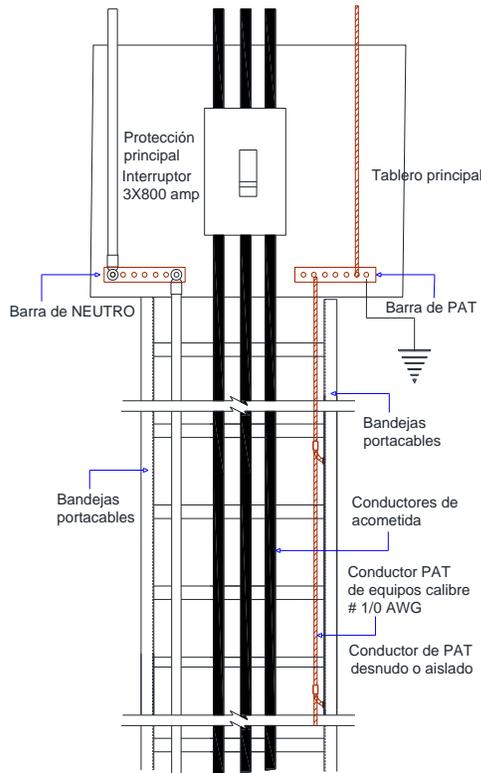


Figura 1
Ejemplo de aplicación

Puesta a tierra de bandejas portacables de acuerdo al CEN.

Los sistemas de bandejas portacables metálicas de hierro o aluminio son excelentes conductores para la puesta a tierra de equipos si han sido apropiadamente diseñados, instalados e inspeccionados.

Los requerimientos establecidos por el código eléctrico nacional (CEN) pueden ser ubicados en las secciones 392.3c, 392.7 y la tabla 392.7(B).

Para que las bandejas portacables metálicas puedan ser utilizadas como conductor de puesta a tierra de equipos, la bandeja portacables de acero o aluminio debe ser utilizada donde se efectúe mantenimiento y supervisión continua que aseguren que el sistema de bandejas será atendido por personal calificado. Adicionalmente se deben cumplir con los requisitos siguientes:

1. Las bandejas portacables y sus accesorios estarán identificadas para el uso como conductor de puesta a tierra de equipos.

2. La sección transversal mínima de la bandeja portacables cumplirá con los requisitos establecidos en la tabla 392.7(B).
3. Todas las partes de la bandeja portacables y sus accesorios estarán marcados de manera legible y duradera donde se indique el área de la sección transversal de la parte metálica del canal de la bandeja, o de las bandejas portacables fabricadas de una pieza y la sección transversal total de ambos rieles laterales en las bandejas de tipo escalera.

TABLA 392.7(B) del CEN Requisitos de área de metal para bandejas portacables utilizadas como conductores de puesta a tierra de equipos				
Capacidad máxima de los fusibles, Ajuste de disparo de los interruptores automáticos y del relé de falla a tierra de cualquier circuito de cables en un sistema de bandejas portacables (Amperios)	Sección transversal mínima de la parte metálica de las bandejas portacables*			
	De acero		De aluminio	
	mm²	Pulg.²	mm²	Pulg.²
60	129	0,20	129	0,20
100	258	0,40	129	0,20
200	451,5	0,70	129	0,20
400	645	1,00	258	0,40
600	967,5**	1,5**	258	0,40
1000	-	-	387	0,60
1200	-	-	645	1,00
1600	-	-	967,5	1,50
2000	-	-	1290**	2,00**

NOTAS:
*Área de la sección transversal total de ambos rieles laterales de la bandeja portacables tipo escalera o área de la sección transversal mínima del metal en las bandejas tipo canal o las construidas de una sola pieza.
**No se utilizarán bandejas portacables de acero como conductor de puesta a tierra de equipos en los circuitos con protección contra falla a tierra superior a 600 amperios. No se utilizarán bandejas portacables de aluminio como conductor de puesta a tierra de equipos en los circuitos con protección contra falla a tierra superior a 2000 amperios.

- Las secciones rectas de bandejas portacables, sus accesorios y las canalizaciones que se conectan estarán interconectadas eléctricamente a través de puentes según lo establecido en el artículo 250-96 del CEN, con conectores mecánicos, pernos o puentes de conexión equipotenciales dimensionados e instalados de acuerdo al artículo 250-102 del CEN.

Inspección de la conexión de puesta a tierra en sistemas de canalización mediante bandejas portacables de acero y/o aluminio.

Es esencial que la puesta a tierra (PAT) de sistemas de canalización por bandejas portacables, incluso los cables en las bandejas, sean inspeccionados para que cumplan con lo establecido por el Código Eléctrico Nacional (CEN) antes de proceder a instalar los conductores en el interior de la bandeja y sobre todo antes de que sean energizados.

Si el cable está instalado, entonces es posible dar energía al cableado antes de una inspección de su conexionado a tierra. Es mucho más sencillo realizar una inspección sobre una bandeja portacables conectada a tierra, cuando el sistema de canalización aún no tiene los cables instalados.

La conexión eléctrica de puesta a tierra es fundamental para la seguridad del personal y para la protección contra la formación de arcos que puedan ocurrir en cualquier parte de la instalación eléctrica, carcasas de motores, tuberías conduit, etc.

Por estrictas razones de seguridad, la puesta a tierra debe ser realizada correctamente antes de energizar el sistema. Este razonamiento se debe cumplir no solo para canalizaciones por sistemas de bandejas portacables, sino también para canalizaciones por tuberías conduit y para cualquier otro sistema de canalización eléctrica.

La inspección del sistema de puesta a tierra debe comenzar con el proceso de instalación de las canalizaciones por bandejas portacables y continuar durante todo el proceso de instalación hasta unir todas las secciones de las bandejas portacables bien sea mediante la utilización de tornillos o de conectores puentes (bonding jumpers).

Los sistemas de bandejas portacables de aluminio y acero son excelentes conductores de corriente para la puesta a tierra de equipos, si están bien diseñados, especificados, instalados e inspeccionados.

Los requisitos del CEN para la puesta a tierra de bandejas portacables se encuentran en las secciones del CEN 392-3c,

392-7, y en la Tabla 392-7 (B)(2).

Para que las bandejas portacables puedan ser utilizadas como un conductor de puesta a tierra de equipos, la bandeja debe ser utilizada donde el mantenimiento y supervisión continua por personal calificado garanticen que darán servicio al sistema de bandeja portacables instalado, de igual forma la sección de la bandeja portacables debe ser:

- Marcado como "Clasificado por UL como conductor de puesta a tierra de equipos"
- Marcado con el área mínima de la sección transversal de la bandeja portacables

La inspección de la puesta a tierra consiste en verificar que todas las secciones de bandejas portacables estén marcadas y cumplan con lo indicado anteriormente. Esto puede lograrse fácilmente ya que cada parte del sistema de bandejas está instalado.



Figura 2

Etiqueta o marcaje que debe llevar la bandeja portacables

Si el sistema de bandejas portacables no especifica o no está marcado como conductor de puesta a tierra de equipos, entonces se debe instalar un conductor de puesta a tierra en la bandeja o se debe proveer un conductor de puesta a tierra de equipos en los cables instalados en su interior. En la figura 2 se puede observar una etiqueta con la información requerida de la misma.

El conductor de puesta a tierra de equipos es tan importante que algunos ingenieros utilizan conductores de tierra incorporados en los cables multiconductores y a su vez a la bandeja portacables como CPTE. Muchos proyectistas están adoptando el uso de cables multiconductores con conductor de tierra por su mayor fiabilidad.

Un conductor monopolar para puesta a tierra puede ser instalado adosado a las secciones de las bandejas portacables. La sección 392-3(B)(1)(c) del CEN, permite emplear conductores monopolares como conductor de puesta a tierra de equipos y podrán ser aislados, cubiertos o desnudos de calibre # 4 AWG o superior. El mínimo calibre del conductor se basa en la tabla 250-122 del CEN el cual parte del valor de la protección, bien sea el máximo valor del fusible o del interruptor automático para cualquier circuito instalado en la bandeja.

En ambientes altamente húmedos donde se utilicen bandejas portacables de aluminio, no se deberán emplear conductores de cobre desnudo a objeto de evitar la corrosión galvánica; se recomienda utilizar un conductor de aluminio con los conectores adecuadas para empalmar los tramos de bandejas. También pueden emplearse conductores de cobre aislado con conectores bimetálicos adecuados.

Los conductores de puesta a tierra de equipo para bandejas portacables son dimensionados para satisfacer lo establecido en la Tabla 250-122 del CEN. En los cables de cobre de calibre # 8 o mayores, son conductores discriminados en desnudos o aislados.

En conductores de cobre calibre # 10, un cuarto conductor del mismo tamaño que los conductores de fase, se puede utilizar o marcar como el conductor de puesta a tierra de equipo para las instalaciones industriales.

La inspección de la puesta a tierra debe verificar que la bandeja portacables estén marcadas como un equipo conductor de puesta a tierra, esto siempre es preferible, o un conductor adosado a las secciones de bandejas portacables como equipo de puesta a tierra, o conductores de puesta a tierra en los cables.

Sin tener en cuenta cual es el tipo de sistema de puesta a tierra de equipo empleado, los sistemas de bandeja portacables deben ser eléctricamente continuos, eficazmente unidos y puestos a tierra según lo establecido en la sección 250-96 del CEN.

Puentes de Conexión Equipotencial de Equipos.

(A) Material.

Los puentes de conexión equipotencial de equipos serán de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Un puente de unión puede ser un cable, barra, tornillo o conductor adecuado similar.

(B) Fijación.

Los puentes de unión con los circuitos de alimentación y los equipos se sujetarán según lo que se establece en las disposiciones pertinentes del artículo 250.8 del CEN para los circuitos y equipos y el artículo 250.70 del CEN para los electrodos de tierra.

(C) Calibre del Puente de Conexión Equipotencial del Equipo en el Lado de Alimentación de la Acometida.

El puente de unión no será menor que los calibres indicados en la Tabla 250.66 para los conductores del electrodo de tierra.

Cuando el calibre de los conductores de fase de la entrada de acometida sea mayor de 1100 kcmil de cobre o de 1750 kcmil de aluminio, los puentes de unión tendrán el área de su sección no menor al 12.5% del área del conductor de fase de mayor tamaño, excepto cuando estos conductores y el puente sean de materiales diferentes (cobre o aluminio), en cuyo caso se elegirá el calibre del puente de mayor capacidad en amperios equivalentes al que tendría si fuera del mismo material que los conductores de fase.

Cuando los conductores de acometida están formados por varios circuitos en paralelo, en canalizaciones o cables separados, el puente de unión de equipos, donde tiene su recorrido junto con la canalización o cables de acometida, también estará formado por varios conductores en paralelo.

El calibre de cada puente de unión en cada canalización o cable se determinará con base en el calibre de conductores de fase de acometida en cada canalización o cable.

El puente de unión del conductor de un electrodo de tierra en la canalización o cable con armadura, como se indica en 250.64(E), será del mismo calibre o mayor que el correspondiente conductor del electrodo de tierra.

Conexión equipotencial y de puesta a tierra en equipos.

El artículo 250.8 del CEN establece que las conexiones de los conductores de puesta a tierra y los puentes equipotenciales se harán con uno de los siguientes métodos:

1. Conectores a compresión
2. Barras terminales
3. Conectores a compresión aprobados como equipo de puesta a tierra de equipo equipotencial
4. Metodo de soldadura exotérmica

5. Sujetadores aprobados hechos a máquina que enganchan por lo menos dos hilos en el cerramiento o son asegurados con tuerca
6. Tornillos especiales que roscan hilo en el cerramiento con un mínimo de dos vueltas.
7. Otros medios aprobados.

No se deben permitir dispositivos de conexión o uniones que dependen únicamente de soldadura.

El conector puente (Bonding jumper) más importante es el que realiza la conexión entre un sistema de bandejas portacables y la fuente de potencia bien sea en el centro control de motores (MCC) o en el centro de potencia (switchgear), Ver figura 3.

Esta es una buena práctica proporcionar un puente de conexión entre ambos rieles laterales de la bandeja portacables y la barra colectora de puesta a tierra de equipo en el tablero MCC o centro de potencia. Se debe verificar que estos puentes de unión fueron realizados.

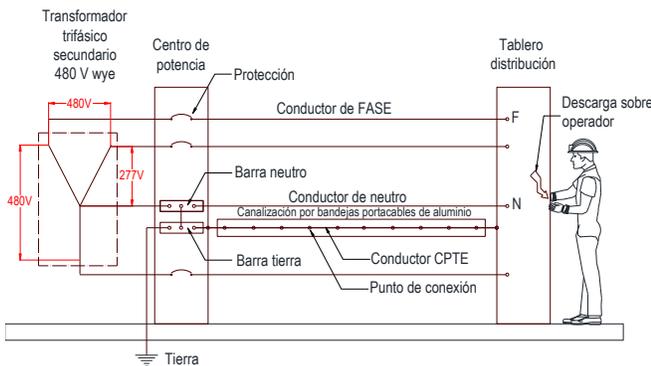


Figura 3

Conexión entre barra PAT tablero y bandeja portacables

Esta conexión también puede lograrse mediante dispositivos que se conectan al tablero a través de pernos directamente con las secciones de bandejas portacables.

Conexión de bandejas empalmadas de forma rígida.

Las bandejas portacables que estén empalmadas por uniones normales o de tipo rígido, no requieren que se les coloque puentes conectores (bonding jumper) porque la fijación de la unión a los rieles laterales mediante tornillos apertados al torque recomendado provee la adecuada conexión dando continuidad eléctrica.

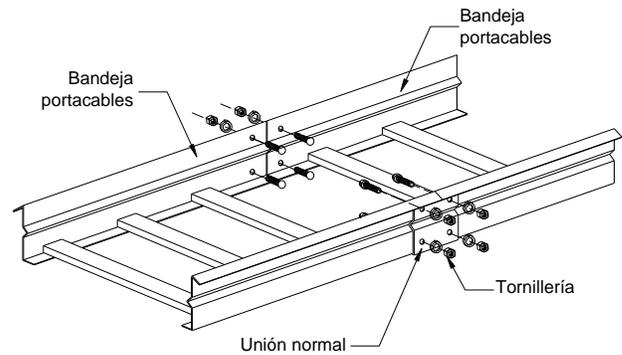


Figura 4

Bandejas empalmadas mediante unión rígida o normal

En la figura anterior se puede observar cómo la fijación rígida de las uniones que empalman las bandejas portacables no requieren colocar puentes conectores (Bonding jumper) en cada riel lateral para lograr continuidad eléctrica.

Los conectores puentes se requieren en los lugares del tendido de la canalización que presenten discontinuidad por algún motivo obligados bien sea por obras civiles, intersecciones de otras canalizaciones en la ruta del tendido, facilidad en la instalación, u otras causas.

Les recordamos que no es necesario aplicar ningún compuesto conductor en los empalmes realizados con uniones rígidas normales o colocar conectores puente (bonding jumpers) en bandejas portacables de aluminio o de acero.

Conector puente para realizar conexión entre bandejas portacables.

Los conectores puentes (bonding jumper) para conexión equipotencial de bandejas portacables entre sí, serán de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Este puente de unión generalmente es un segmento de unos 400 mm de longitud de conductor de cobre desnudo o aislado con terminales en sus extremos. En la figura 5 se aprecia como puede ser este conector puente.

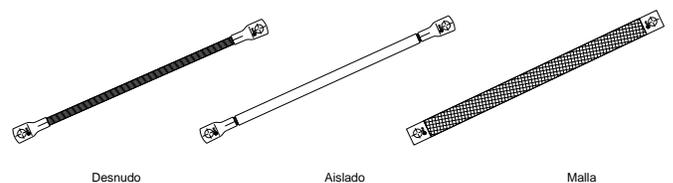


Figura 5

Conector puente (Bonding jumper) para bandejas

Conexión de bandejas mecánicamente discontinuas.

En la siguiente figura se puede observar como se deben colocar puentes conectores (Bonding jumper) en cada riel lateral de las bandejas portacables para poder garantizar la continuidad eléctrica.

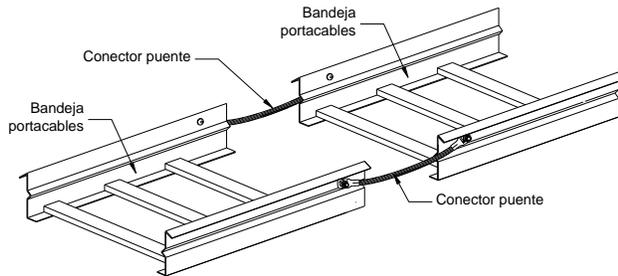


Figura 6

Sección de canalización de bandejas discontinua

Conexión de bandejas empalmadas de forma articulada.

Existen otros tipos de empalmes entre bandejas portacables en los cuales no se aprecia una discontinuidad evidente a la vista, sin embargo, se hace necesario colocar los conectores puentes en dichos empalmes donde se coloquen uniones ajustables tales como uniones ajustables verticales y uniones ajustables horizontales.

En las figuras siguientes se puede observar estos dos tipos de uniones o empalmes, en cada una se aprecia como se deben colocar los conectores puentes (Bonding jumper) en cada riel lateral de la bandeja portacables a objeto de poder garantizar la continuidad eléctrica cuando se realizan empalmes ajustables en el plano vertical o horizontal.

En la figura 7 se puede observar como se debe colocar el puente conector en cada riel lateral de la bandeja portacables para garantizar la continuidad cuando se realizan empalmes ajustables en el plano vertical.

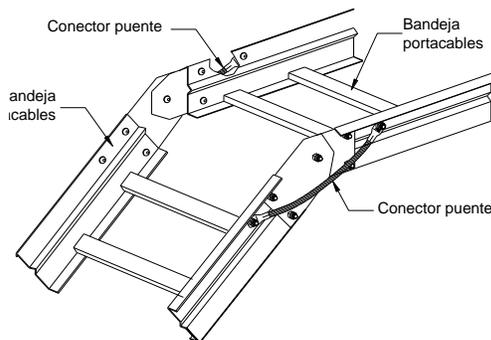


Figura 7

Bandejas empalmadas mediante unión vertical ajustable

De igual forma, en la figura 8 se puede observar como se debe colocar el puente conector en cada riel lateral de la bandeja portacables para garantizar la continuidad cuando se realizan empalmes ajustables en el plano horizontal.

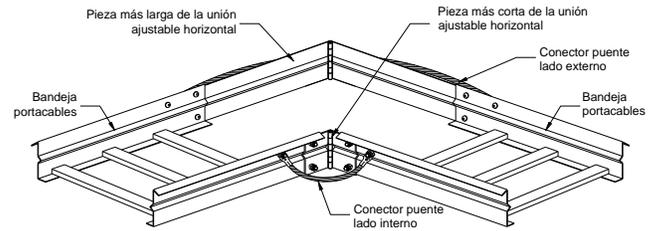


Figura 8

Bandejas empalmadas mediante unión horizontal ajustable

Conexión de bandejas empalmadas de forma no rígida.

Existe otro tipo de empalme en el cual tampoco es posible apreciar una discontinuidad evidente a la vista mas aun por presentar características muy similares a la unión rígida o normal, nos referimos a la unión de expansión, la cual esta diseñada para permitir la expansión o contracción de las secciones rectas de las bandejas portacables debido a los cambios de temperatura.

Por tal motivo, esta unión esta diseñada no para realizar un empalme rígido sino para permitir cierta excursión lineal a causa de la dilatación lineal del material con que están construidas.

Lo anterior hace necesario que se coloquen conectores puentes en dichos empalmes donde se coloquen uniones de expansión, en la figura 9 se puede observar como se debe colocar el puente conector en cada riel lateral de la bandeja para garantizar la continuidad eléctrica.

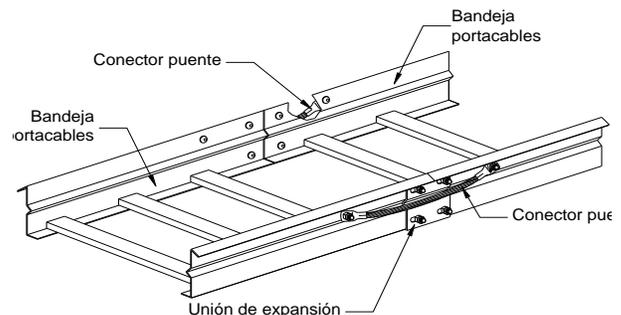


Figura 9

Bandejas empalmadas mediante unión de expansión

